

# OPTICAL SWITCHING DEVICE AND OPTICAL CROSS CONNECTION SWITCHING DEVICE

Patent number: JP2000162520

Publication date: 2000-06-16

Inventor: JIN SUNGHO; THORSTEN NEAL HENRY

Applicant: LUCENT TECHNOLOGIES INC

Classification:

- International: G02B6/35; H04Q11/00; G02B6/35; H04Q11/00; (IPC1-7): G02B26/08

- european: G02B6/35E; H04Q11/00P2

Application number: JP19990331306 19991122

Priority number(s): US19980197800 19981123

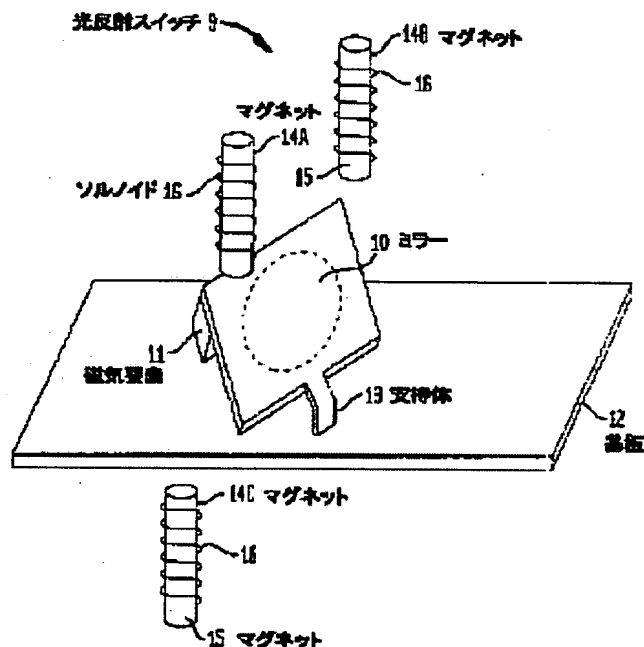
Also published as:

EP1004910 (A2)  
US6256430 (B1)  
EP1004910 (A3)  
EP1004910 (B1)

Report a data error here

## Abstract of JP2000162520

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetically programmable and latchable optical switch so as to hold stably a latched position without requiring power after an optical path is shifted in the required direction. **SOLUTION:** This optical switching device consists of an optical reflection mirror 10 containing a magnetic component 11 movably connected to a substrate 12. One or plural programmable magnets are provided for moving the mirror 10 by synthetically acting with the magnetic component 11. These programmable magnets move the mirror 10 between selected positions or ranging the selected positions, and hold the mirror position without continuous power.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-162520

(P2000-162520A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

テーマコード (参考)

E

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-331306

(22) 出願日 平成11年11月22日 (1999. 11. 22)

(31) 優先権主張番号 09/197800

(32) 優先日 平成10年11月23日 (1998. 11. 23)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レイテッド

Lucent Technologies  
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ  
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー  
600-700

(74) 代理人 100081053

弁理士 三俣 弘文

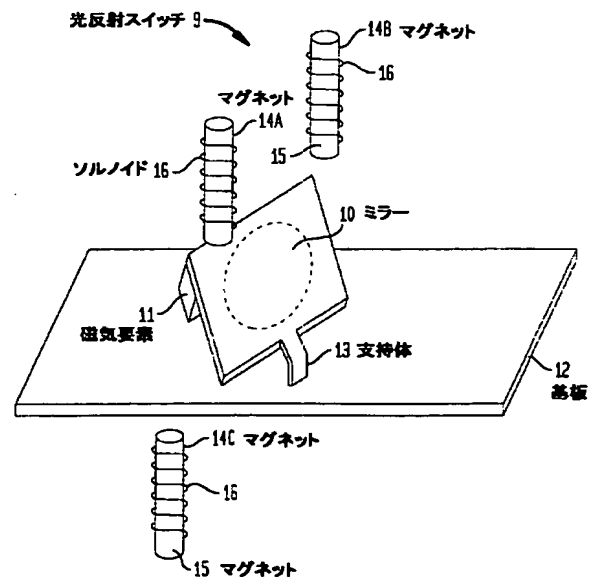
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スイッチングデバイスおよび光クロス接続スイッチングデバイス

(57) 【要約】

【課題】 光路が所望方向にシフトした後にパワーを必要とせず、ラッチされた位置が安定に保持されるような磁氣的にプログラム可能でラッチ可能な光スイッチを提供する。

【解決手段】 本発明の光スイッチングデバイスは、基板に運動可能のように結合した磁気コンポーネントを含む光反射ミラーからなる。磁気コンポーネントと総合作用をすることによりミラーを動かすために1もしくは複数のプログラム可能マグネットを備える。このプログラム可能マグネットは、選択した位置の間ないし選択された位置にわたってミラーを動かし、ミラー位置を連続的パワーを必要とせずに保持する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (A) 少なくとも1つの光入力路と、  
(B) 少なくとも1つの光出力路と、  
(C) 前記入力路と前記出力路の間に配置され、磁気要素を備える光反射ミラーを有する光スイッチとを有し、前記光反射ミラーは、基板上に運動可能なように結合し、前記光スイッチは、前記ミラーを前記入力路からの光を出力路に結合する第1位置と少なくとも第2位置の間を運動させるために前記磁気要素と相互作用をする1もしくは複数のプログラム可能でラッチ可能なマグネット

10 10を備え、前記マグネットは、連続的パワーなしにミラー位置を保持することを特徴とする光スイッチングデバイス。

【請求項2】 前記光入力路は、光導波路からなることを特徴とする請求項1記載の光スイッチングデバイス。

【請求項3】 前記光入力路は、光ファイバーからなることを特徴とする請求項1記載の光スイッチングデバイス。

【請求項4】 前記少なくとも1つの光入力路は、複数の光ファイバーからなることを特徴とする請求項1記載の光スイッチングデバイス。

【請求項5】 前記少なくとも1つの光出力路は、複数の光ファイバーからなることを特徴とする請求項1記載の光スイッチングデバイス。

【請求項6】 前記ミラーは、弾性的支持メンバーにより前記基板に運動可能なように結合していることを特徴とする請求項1記載の光スイッチングデバイス。

【請求項7】 前記第2位置は、前記出力路への信号を減衰するように前記光出力路とはアライメントがずれていることを特徴とする請求項1記載の光スイッチングデバイス。

【請求項8】 (A) 光入力路のアレイと、

(B) 光出力路のアレイと、

(C) 前記光入力路のアレイと前記光出力路のアレイの間に配置する光反射ミラーのアレイとを有し、各ミラーは磁気要素を備え、基板上に運動可能なように取り付けられ、各ミラーに対して、前記磁気要素との相互作用によりミラーを動かすための1もしくは複数のプログラム可能でラッチ可能なマグネットを備え、ミラーの位置を連続的なパワーなしで制御することができることを特徴とする光クロス接続スイッチングデバイス。

【請求項9】 前記光入力路のアレイは、光ファイバーの線形アレイからなり、  
前記光出力路のアレイは、光ファイバーの線形アレイからなり、  
前記光反射ミラーのアレイは、前記ミラーの二次元アレイからなることを特徴とする請求項8記載の光クロス接続スイッチングデバイス。

【請求項10】 (A) 少なくとも2つのアライメントした光路の対と、ここで、

各対における光路は、割り込みがない場合に、一方の光路からの光が他方の光路へと透過するように位置合わせして、

(B) 各対の光路の間に配置される少なくとも1つの光反射ミラーとを有し、各ミラーは、磁気要素を備え、基板上に運動可能なように取り付けられ、各ミラーに対して、前記磁気要素との相互作用により前記ミラーを運動させるため、1もしくは複数のプログラム可能でラッチ可能なマグネットを備え、前記光路の対の間の透過を可能にする位置と、前記対の一方における光路から前記対の他方における光路へと光を反射する位置との間をミラー位置が切り替わることができることを特徴とする2×2光スイッチングデバイス。

【請求項11】 前記アライメントした光路の対は、アライメントした光ファイバーの少なくとも1つの対からなることを特徴とする請求項10記載の2×2光スイッチングデバイス。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光透過路を変える光スイッチに関し、特に、磁氣的にプログラム可能でラッチ可能な光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】波長分割多重(WDM)光ファイバースystemのような現代の光波通信システムにおいて、透過光の経路をスイッチングすることがしばしば必要となる。これを解決するため多くのアプローチが用いられている。例として、スイッチングを光ファイバーの機械的運動により行う方法がある(文献、P.G.hale et al., Electronic Lett., vol.12, p.388, 1976およびY.Ohmori et al., Appl.Optics, vol.17, p.3531, 1978を参照。)。またスイッチングは、ファラデー回転に基づいても行うことができる(文献、M.Shirasaki et al., Appl.Optics, Vol.23 p.3271, 1984を参照。)。

【0003】反射ミラーベースのスイッチングは、通信システムに対して特に魅力的ではあるが、その潜在能力を未だ達成していない(文献、Tanaka et al. 米国特許第4498730号公報、L.Y.Lin et al., IEEE Photonics Technology Lett., Vol. 10 p. 525, 1998、R.A.Miller et al., Optical Eng., Vol.36, p.1399, 1997、J.W.Judy et al., Sensors and Actuators, Vol.A53, p.392, 1996を参照。)。反射ミラーを用いるスイッチは、それらが自由空間光透過を用い大規模光クロス接続へと拡張する潜在性があるので好都合である。また、それらは通常、静電的、圧電的または電磁氣的作動手段を用いてミラーを移動ないし回転させ光路を変える。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】これらデバイスの問題として、シフトしたミラー位置を保持するためにパワーを連続的に加えられなければならないこと、あるいは位

置が不安定となってしまうことがある。例えば、静電デバイスは荷電上昇（ビルドアップ）および漏れを発生する傾向があり、従って環境に非常に影響されてしまう。

【0005】従って、光路が所望方向にシフトした後にパワーを必要とせず、ラッチされた位置が安定に保持されるようなラッチ可能光スイッチの必要性がある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に従い、光スイッチングデバイスは、基板に運動可能なように結合した磁気コンポーネントを含む光反射ミラーからなる。磁気コンポーネントと総合作用をすることによりミラーを動かすために1もしくは複数のプログラム可能マグネットを備える。このプログラム可能マグネットは、選択した位置の間ないし選択された位置にわたってミラーを動かし、ミラー位置を連続的パワーを必要とせずに保持する。以下において、例示的なクロス接続および2×2スイッチを説明する。

【0007】

【発明の実施の形態】図1は、磁化可能要素11を備えるミラー10からなるプログラム可能でラッチ可能な光反射スイッチ9を示している。このミラー10は運動可能な支持体13によって基板12に運動可能なように結合している。1もしくは複数のプログラム可能でラッチ可能なマグネット14（ここでは3つのマグネット：14A、14B、14C）がミラー位置を制御するために備えられている。各プログラム可能なマグネット14は、マグネット要素15および制御ソレノイド16を備える。ミラー10は、所望の出力方向（例えば、特定の導波路チャネル、光アンプ、光検出器など）へと入光信号（例えば、レーザや導波路からのビーム）の経路を変化させる。

【0008】ミラー10は、完全反射性（例えば、基板上に厚い金属被服されているもの）でもよく、入光信号の一部がまっすぐ通過して伝搬できるような半透過性（例えば、透過基板上に薄い被服で作られるもの）でもよい。ミラー10は具体的アプリケーションに従って大きさにおいてマイクロスコピック（顕微鏡観察レベル）でもよくマクロスコピック（肉眼観察レベル）でもよい。これらミラーは、マイクロエレクトロメカニカル（MEM）システムの製造と同様なマイクロマシーニングによって製造することができる。各ミラーは磁化可能なように作られ、これはミラー10の前面または背面の一部上に少なくとも1つの磁化可能な要素11を取り付けたり（例えば、エポキシ）堆積したり（例えば、スパッタリングや電子メッキで）作ることができる。

【0009】ミラー10と基板12の間の運動可能な支持体13は、ミラー10が三次元的に運動可能なように用意される。支持体13はミラーの光反射平面をチルトしたり回転したりスライドしたりずれをツイストしたりすることを可能にする。支持体13は、機械的ヒンジ、

スプリング、ボールとソケット、基板の弾性的適合性伸張メンバーのような弾性的メンバーとすることができ

る。【0010】各ミラー10の周囲には少なくとも1つにプログラム可能でラッチ可能なマグネットが備えられる。このプログラム可能なマグネットは通常、特定の所望の磁化および逆磁化（demagnetization）特性を有する細長マグネット15からなる。このマグネットの周りの巻きからなるソレノイド16が備えられる。このソレノイド16はロビン上に予め作られた巻き、マグネット15の周りに直接巻かれた絶縁処理ワイヤー、あるいはマグネットの周りにらせん状に配置された細いリソグラフィで定まった薄膜導体パターン（導体とマグネットの間に細い絶縁層が配置される）とすることができる。

【0011】ソレノイド16は、所定量の電流を流すと、磁場を作り、その磁場は細長マグネット15によって増幅される。動作において、プログラム可能マグネット14A、14B、14Cのそれぞれからの磁場は、ミラー上に配置された磁化可能要素11との磁力総合作用によってミラーを引き寄せる。

【0012】図2は、スイッチのプログラム可能でラッチ的振る舞いを理解するのに役立つグラフ図である。これらはM-H磁気ヒステリシス（履歴）ループ特性を示している。図2Aは、「矩形」ヒステリシスループを示している。矩形ヒステリシスループを示すマグネットでは、2つの磁化レベル（例えば、ゼロ磁力に対応するミラー位置と最大磁力によって達成された飽和転位位置）の間を切り替わるビスト可能（bistable）デバイスを作ることができる。

【0013】ゼロ磁力は、ACまたはDC逆磁化場を加えることにより行うことができる。飽和転位(saturation displacement)は、各マグネットを飽和するのに十分なDCパルス電流によって行うことができる。しかし、X、YまたはZ方向でのミラー位置の連続的なチューニングのためには、矩形ループ特性は必ずしも常に望ましくはない。なぜなら、図2Aの曲線における急な（steep）側面は、特定の中間ファイバー転位（ $\delta$ ）を望む場合に制御の問題を与えてしまうからである。

【0014】図2Bはひずんだヒステリシスループを示す。制御を容易にするためM-Hと $\delta$ -Hループを図2に示したようにひずませることができる。これは、マグネットの自己逆磁化場を増すことにより（例えば、マグネットの有効直径を増すことにより、長さを減らすことにより（従ってマグネットの直径に対する長さのアスペクト比を減らすことにより）、あるいはマグネットの長さを分割して分割したマグネットの部分の間にギャップがあるようにすることにより）行うことができる。

【0015】ループの最適なひずみ(skew)は図2Bに示したものであり、すなわち、印加場が除去されたときの残留磁化ないし残留ミラー転位は、飽和値（少なくとも

10

20

30

40

50

90%)と未だ実質同じであり、磁場が逆転したときのMまたは $\delta$ の急激な減少のオンセット場はゼロ場に近く、好ましくは保持(coercive)力の $\pm 50\%$ の範囲であり、更に好ましくは保持力の( $H_c$ )の $\pm 10\%$ の範囲である。ループのひずみの所望の度合いは好ましくは $H_c$ の50%~150%の分の最大ループシフトである。

【0016】図2Cは、過剰にひずんだヒステリシスループを示す。M-Hまたは $\delta$ -Hループの過剰なひずみは望ましくない。なぜなら、ファイバー転位のラッチ能力の劣化をもたらすからである。このようなラッチ可能

転位の劣化は図2Cの矢印にて示した。  
【0017】印加磁場 $H_1$ 、 $H_2$ に対して、磁場が除去された後に対応する磁化がラッチ可能に保持され、ミラー位置の対応する転位 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ もまたラッチ可能に保持される。従ってこのデバイスは連続的なパワーなしで作動の後に動作することができる。ミラー転位の度合いは、プログラム可能マグネットの磁化を変化することにより変化しラッチすることができる。このことは、印加磁場を増すことにより、あるいはまず減磁(demagnetize)し

新たな磁場レベルへと再磁化(remagnetize)することにより行うことができる。  
【0018】例えば、 $\delta_1$ から $\delta_2$ へシフトをするために、 $H_2$ の印加磁場を用いる。 $\delta_1$ から $\delta_2$ へと戻すようにミラー位置をシフトするには、極性が逆な磁場を用いる。磁場の大きさは、転位 $\delta_1$ 位置に対応するレベルまで磁化が減るように選択される。この磁場が除去されると転位 $\delta_1$ 位置からラッチされる。ソルノイドを用いるマグネットの磁化のためには、高速で低パワーな動作のためにパルス場(ソルノイドにおけるパルス流)を用いることができる。このパルス場の所望の継続時間、すなわち、速度は、 $10 \sim 10^{-6}$ 秒の範囲であり、好ましくは $10 \sim 10^{-4}$ 秒の範囲である。印加される電流パルスの形は、正弦波的(sinusoidal)、矩形波的、あるいは不規則的とすることができる。

【0019】ラッチ可能ミラーデバイスのための好ましいプログラム可能マグネット材料を、パルス磁場に従って調整することができる。適当なマグネットの例としては、Fe-Cr-Co、Fe-Al-Ni-Co (Alnico)、Cu-Ni-Fe (Cunife)、Co-Fe-V (Vicalloy)がある。このプログラム可能なマグネットのための保持性の所望の範囲は、通常、500 Oeより下であり、好ましくは100 Oeよりも下である。これは、ソレノイドパルス場を用いる再磁化によるプログラミングを容易にするためである。残留磁化の安定性を維持するため、また、ストレイ(stray)磁場による逆磁化に対抗するための安定性のために、保持性は通常、約10 Oeよりも上であり、好ましくは、約30 Oeよりも上である。

【0020】磁場が除去されたときのシフトしたミラー

位置の満足できるようなラッチ能力のため、このプログラム可能なマグネットは、平行四辺形(parallelogram)の磁化ヒステリシスループを有することが好ましく、ここで、矩形度比(残留磁化/飽和磁化の比で定義される)が少なくとも0.85であり、好ましくは少なくとも0.90であり、更に好ましくは少なくとも0.95である。制御を容易にするため、ループは $H_c$ の少なくとも50%でひずませるのが望ましい。

【0021】Fe-Cr-Co、Cu-Ni-Fe、Co-Fe-Vのような機械的に延性があり(ductile)容易に形成でき(マシーナブル)であるマグネット合金は、図1に示すような所望のロット上の形状の形にするのに特に望ましい。Sm-Co、Nd-Fe-B、あるいはBaフェライトのような高い保持力(例えば、 $H_c > 1000$  Oe)を有する安定な永久磁石は上記のマグネットよりは望ましくはない(保持力を低くするように変更されない限り)。なぜなら、所望の低い磁場を用いて残留磁化を再プログラミングすることが難しくなるからである。

【0022】好ましいマグネット材料は、Fe-28%Cr-7%Co合金であり、これは70 Oeの $H_c$ のM-Hループを得るように時間とともに変形する。このM-Hループは、約60 Oeひずまされ、図2Bと同様なM-Hループを作る。

【0023】プログラム可能マグネット14A、14B、14Cの数は、1、2、3あるいは4以上とすることができ、これはこのデバイスの特性やミラーの再配置の自由度の必要度合いに従う。一般に、3以上のプログラム可能マグネットが、ミラーの運動において三次元の自由度を与えるために好ましい。しかし、スプリング要素、あるいはミラー運動の二次元的制限(confinement)を用いると、プログラム可能マグネットの数を減らすことができる。

【0024】正確なミラー位置シフトを制御するために、帰還システム(図示せず)を随意に用いることができる。1もしくは複数のソルノイドに対して追加的、インクリメント的あるいは減少したパルス電流をアクティベートするのに位置情報を用いることができ、更新したラッチ可能磁化レベルやミラー位置を獲得することができる。この帰還および調整プロセスは、所望のミラー位置ないし角度を得るまで必要ならば何回も繰り返すことができる。

【0025】また光の意図的なアライメントずれを発生させるために光スイッチを用いることができ、光路から光情報を完全にカットオフすることができる(基本的にオンオフスイッチとして機能する)。更に、光路に部分的にアライメントさせ、受け側の光路に対して所望通りの信号強度を与えることができる。(従って、ラッチ可能減衰器として機能する)。ラッチ可能減衰器としてのスイッチの性能は、プログラム可能でラッチ可能なマグ

10

20

30

40

50

ネットが与える制御に従う。

【0026】ミラーに（好ましくは背面上で）取り付けられないし堆積した磁気要素11は、Nd-Fe-B、Sm-Co、Al-Ni-Co、Fe-Cr-CoまたはBa-フェライトのような永久磁石材料で作ることができる。代わりに、この磁気要素11は、Ni-Fe（permalloy）、Si-スチールまたはmetglas材料のようなソフト磁気材料で作ることができる。もし永久磁石材料を用いた場合、プログラム可能なマグネットに対しての磁気引力および磁気反発力を用いてミラーの二方向運動を導入することができる。

【0027】例示的な動作を説明する。ミラー10は、3つのプログラム可能マグネット14A、14B、14Cのいずれの作動がない場合のデフォルト位置とは45度傾斜した角度を取ることができる。もしマグネット14A、14Bが同等に磁化されていれば、ミラー10は引きつけられ、より上方になるように右側へ曲げられる。もし同等ではないように磁化されていれば、ミラー10は右側へは曲がるが何らかのねじり転位をすることがあり、ミラー10が異なる光反射角度となることを可能にする。

【0028】もしマグネット14Cのみが作動していれば、ミラー10は下方に曲げられ、ここでその角度はマグネット14Cにおけるラッチ可能な磁化によって制御される。もしマグネット14A、14Bが同等でなく磁化されその時にマグネット14Cが磁化されている場合、何らかの角度の分ねじれて下方のミラー運動が発生し、光反射角度は変更する。このように、ミラー10は三次元の多くの異なる反射角を取ることができる。

【0029】図3は、プログラム可能光スイッチの二次元アレイの断面図である。光反射ミラー10A、10B、...のアレイ30はシリコン基板のような共通基板12上に取り付けられる。プログラム可能マグネット14A、14B、...のアレイ31Aにおいて各ミラーに対して少なくとも1つのマグネットが備えられ（もし三次元制御を望むならば各ミラーに対し3つのマグネットが好ましい。）別々のホルダー32上に取り付けられる。マグネットは、精密ワイヤーと同様に小さくすることができ、対応するソルノイドはマグネットワイヤー上に直接巻いてもワイヤー上にスリップして予め作るようにしてもよい。

【0030】好ましい実施例において、このような2つのマグネットアレイは、一方が上側アレイ31Aとして他方が下側アレイ31B（マグネット14A'、14B'、...）基板の下に予め組み立てられ、基板12に近づけられ、デバイス構築を容易にするために位置あわせされる。代わりに、対抗バランス力のためのスプリング力を備えるミラー支持体13を、マグネットアレイの一方のセットのみ（31Aか31Bのいずれかに）をミラー再構成のために用いることができる。

【0031】図4（A）は、光入力路41A、41B、...のアレイ、出力路42A、42B、...のアレイ、図1と同様なプログラム可能でラッチ可能ミラー10のアレイを有する二次元光クロス接続40を示している。入力と出力は通常、対応する各線形アレイであり、ミラーは二次元アレイで配置される。プログラム可能マグネットは図面の簡易性のため示していない。

【0032】レーザ、ファイバー、プレーナー型導波路、アンプのような様々な入力光源41A、41B、...からの入力光信号は、光スイッチングクロス接続40へと送られ、ミラー10により所望の出力信号ライン42A、42B、...へと反射される。受け側ラインへの光結合を改善するために光焦点合わせレンズ(light focusing lens)（図示せず）を随意に用いることができる。

【0033】図4Bは、同様な三次元クロス接続を示している。ミラー10とともに組み合わせたこのような入出力構成により、光信号が立方体型のクロス接続システムの六面のいずれへと好都合のように反射することを可能にし、三次元の大容量光ルーティングを可能にする。このクロス接続システムは、その光信号流の方向とは逆も可能なようにも設計することができ、ここにおいて図4Bに示す光信号の流れとは逆となり、更なる光トラフィック制御の柔軟性を増すことができる。

【0034】図5は、プログラム可能でラッチ可能な光スイッチ50の代替構成を示す。光入力ライン41（例えば、ファイバー、プレーナー型導波路、レーザ等）は、出力ライン42A、42Bと実質的に平行に構成することができる。各ラインは焦点合わせレンズ51によって先頭を合わせる（tip）ことができる。代わりに、出力ライン42A、42Bのそれぞれは適切に傾いた配向で位置してもよく、光焦点合わせレンズの使用を最小限に押さえて出力ライン配向と直接整列する反射光信号を受けることができる。

【0035】ミラー10の磁気チューニングおよびグラッチすることにより、入力ビームが出力ラインの1つに選択的に再ルーティングすることを可能にする。ミラー10はフラットな形を有する分離したボディーとすることができ、光信号を所望の透過ラインに反射させるように、磁氣的にティルト、回転あるいはねじることができる。

【0036】代わりに、シリンダーがその軸を磁氣的に回転するようにシリンダーの軸に対してティルトした角度で位置したフラットエンド型ミラー表面を有するシリンダー構成を用いることができ、反射ビームが入力ラインの周りの環状に構成した透過ラインのいずれかに向かうようにすることができる。

【0037】図6（a）は、2×2光スイッチ60を示す（プログラム可能マグネットは示していない）。スイッチ60は、アライメントした光路の少なくとも2つの

対からなる。例えば、ファイバーA、Cが1つのアライメントした対を形成し、ファイバーB、Dが他方の1つのアライメントした対を形成する。スイッチ60は複数のファイバー路A、B、C、Dにわたる透過を制御する。4つのミラー10がどのようにして磁氣的に構成するかに従って、スイッチ60はファイバーAからファイバーB、ファイバーDからファイバーCへの反射モード光接続として動作することができる。代わりに図6に示すように、スイッチ60はファイバーAからファイバーC、ファイバーDからファイバーBへの透過モード接続として動作することができる。

【0038】図7は、ただ1つの磁氣的プログラム可能ミラー10を有する別の実施例の2×2の光スイッチ70を示す。ファイバーBとファイバーCはファイバーAからBへ、ファイバーCからDへの反射モードのミラー厚さを収容するために若干中心からずれるように位置している。この転位は、ミラー10（点線）がビーム路から外れスイッチが透過モードのビーム接続にて動作している場合に2つの光ビームの衝突を避けることができる。透過モードはファイバーAからD、ファイバーCからBへの接続を提供する。1もしくは複数の光焦点合わせレンズ（もしくはミラー）を用いて、ビームを入力ファイバーCから出力ファイバーBへと動かすのに用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】三次元プログラム可能およびラッチ可能光スイッチの図。

【図2】ラッチ可能のマグネットに対して印加された磁場Hに対する磁化M（あるいは対応するミラーずれ $\delta$ ）＊

＊の曲線のグラフ図。

【図3】複数の光反射ミラーを備えるプログラム可能な自由空間光スイッチの断面図。

【図4】二次元（A）および三次元（B）で示したプログラム可能でラッチ可能な光クロス接続システムの図。

【図5】別の実施例のプログラム可能でラッチ可能な光スイッチの図。

【図6】プログラム可能でラッチ可能な2×2光スイッチの断面図。

【図7】別の2×2光スイッチの図。

【符号の説明】

9 光反射スイッチ

10 ミラー

11 磁気要素

12 基板

13 支持体

14 A、B、C マグネット

15 細長マグネット

16 ソルノイド

30 アレイ

31 A 上側アレイ

31 B 下側アレイ

32 ホルダー

40 光スイッチングクロス接続

41、41 A、41 B 光入力路

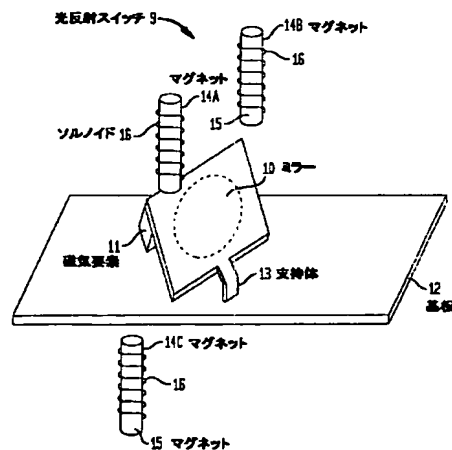
42 A、42 B 出力路

50 光スイッチ

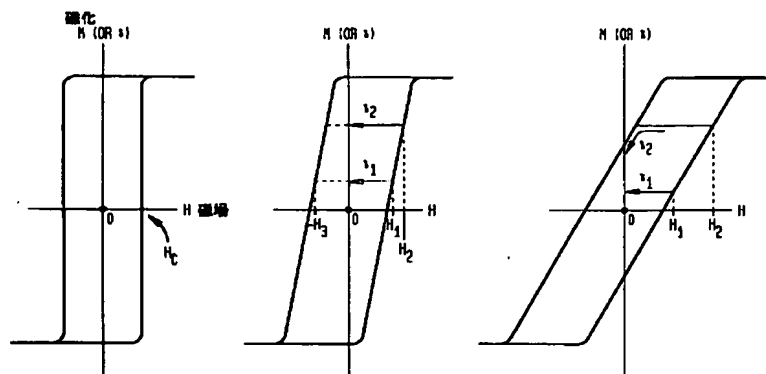
51 焦点合わせレンズ

60、70 2×2光スイッチ

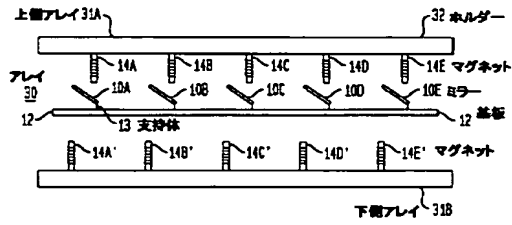
【図1】



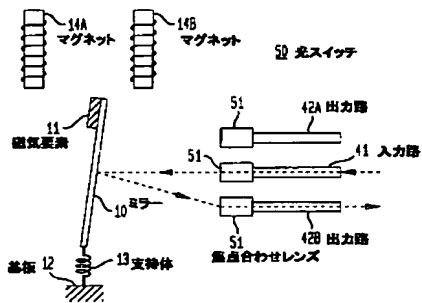
【図2】



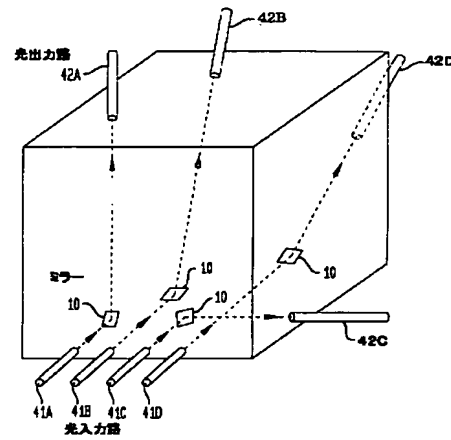
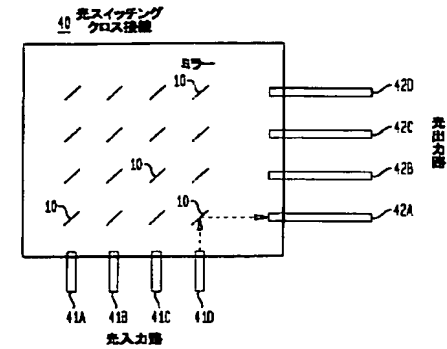
【図3】



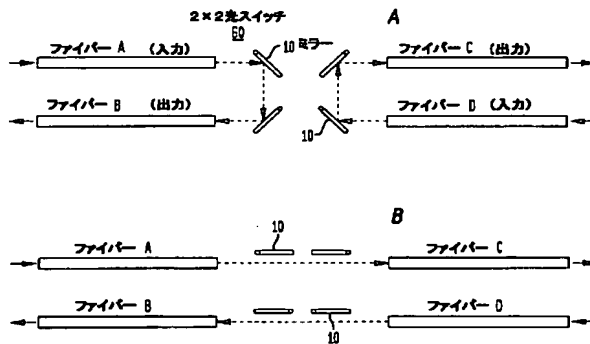
【図5】



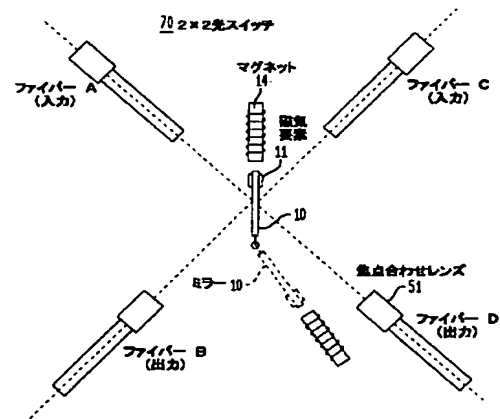
【図4】



【図6】



【図7】





## フロントページの続き

(71)出願人 596077259

600 Mountain Avenue,  
Murray Hill, New Je  
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 サンゴー ジン

アメリカ合衆国、07946 ニュージャージ  
ー、ミリントン、スカイライン ドライブ  
145

(72)発明者 ニール ヘンリー ソーステン

アメリカ合衆国、08873 ニュージャージ  
ー、レバノン、コークスベリー ロード  
608